

57

Int. Cl. 2:

A 61 K 33/42

19 **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

A 61 K 33/06

DEUTSCHES



PATENTAMT

DE 28 07 132 A 1

11

Offenlegungsschrift 28 07 132

21

Aktenzeichen:

P 28 07 132.1-41

22

Anmeldetag:

20. 2. 78

23

Offenlegungstag:

23. 8. 79

39

Unionspriorität:

32 33 31

54

Bezeichnung:

Implantierbares Pharmaka-Depot

71

Anmelder:

Battelle-Institut e.V., 6000 Frankfurt

72

Erfinder:

Reiner, Roland, Dipl.-Chem. Dr., 6231 Eschborn;
Kißing, Wolfgang, Dipl.-Chem. Dr., 6361 Niddatal; Döring, Helga,
6000 Frankfurt; Köster, Kari, Dr., 6239 Lorschbach; Heide, Helmut, Dr.,
6231 Schwalbach

Prüfungsantrag gem. § 28 b PatG ist gestellt

DE 28 07 132 A 1

389-42/43/77

CASCH/DOJ

15. Februar 1978

Patentansprüche

1. Implantierbares Pharmaka-Depot zur Behandlung von Knochen- bzw. Knochenmarkerkrankungen, bestehend aus einer Matrix, in der ein Wirkstoff eingelagert ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Matrixmaterial aus resorbierbaren gesinterten Calciumphosphaten besteht, die aus CaO und P_2O_5 in einem Mengenverhältnis von 5:1 bis 2:1, vorzugsweise 3:1, zusammengesetzt sind, und daß das Depot einen Hilfsstoff zur Steuerung der Pharmaka-Abgabe-Kinetik enthält.
2. Pharmaka-Depot nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Matrix aus tablettierte Calciumphosphatpulver mit einer Korngröße von weniger als $200\text{ }\mu\text{m}$ oder aus einem mikroporösen Calciumphosphatkörper mit einem Porenanteil von 10 bis 25 % besteht.
3. Pharmaka-Depot nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Hilfsstoffe Derivate der gesättigten oder ungesättigten aliphatischen Carbonsäuren mit 10 bis 20, vorzugsweise 15 bis 18 C-Atomen in einer Menge von 0 bis 25 Gew.-%, vor-

909834/0374

ORIGINAL INSPECTED

zugsweise 5 bis 20 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Pharmaka-Depots, verwendet werden.

4. Pharmaka-Depot nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Derivate der Carbonsäuren Alkali-, Erdalkali- oder Aluminium-Salze, Triglyceride, Lipide, vorzugsweise Phospholipide, Lecithine bzw. Glycolipide oder Mischungen derselben verwendet werden.
5. Pharmaka-Depot nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Hilfsstoffe Triglyceride mit einem Schmelzpunkt von 20 bis 150 °C, vorzugsweise in Mischung mit Phospholipiden verwendet werden.
6. Pharmaka-Depot nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Hilfsstoffe Calcium-, Aluminium- oder Natriumsalze gesättigter sowie ungesättigter aliphatischer Carbonsäuren mit 15 bis 18 C-Atomen, vorzugsweise in Mischung mit Lecithinen verwendet werden.
7. Pharmaka-Depot nach Anspruch 1 od. 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Hilfsstoffe resorbierbare Polymerisate verwendet werden.
8. Verfahren zur Herstellung des Pharmaka-Depots nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß man Calciumphosphatpulver mit einer Korngröße von weniger als 200 µm und den Wirkstoff unter Zugabe von Hilfsstoffen, zu einer ~~porösen~~ pastösen

nachträglich
geändert

Masse vermischt und unter Anwendung von Wärme zu Tabletten verpreßt.

9. Verfahren zur Herstellung des Pharmaka-Depots nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß man einen porösen festen Calciumphosphatkörper mit einem Porenanteil von 10 bis 25 % in an sich bekannter Weise herstellt, ihn mit einer Lösung des Wirkstoffes in einem ersten Lösungsmittel A tränkt und den Wirkstoff innerhalb des porösen Gefüges durch ein zweites Lösungsmittel B ausfällt, wobei der Wirkstoff in dem Lösungsmittel B unlöslich ist, aber das Lösungsmittel B mit dem Lösungsmittel A zumindest begrenzt mischbar ist, und daß man nach der Tränkung des Calciumphosphatkörpers mit dem Wirkstoff eine weitere Tränkung desselben mit einer Lösung von Hilfsstoffen in einem dritten Lösungsmittel C vornimmt, wobei der Wirkstoff in dem dritten Lösungsmittel C ebenfalls nicht löslich, aber mit dem Lösungsmittel B zumindest begrenzt mischbar ist und anschließend das Lösungsmittel C durch Verdunstung entfernt.
10. Verfahren nach Anspruch 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß man den Wirkstoff vor oder während der Einbringung in die Matrix mit einem resorbierbaren und filmbildenden Polymerisat in an sich bekannter Weise mikroenkapsuliert.

2807132

. 4.

389-42/43/77
CASCH/DOJ

15. Februar 1978

BATTELLE - INSTITUT E.V., Frankfurt (Main)

=====

Implantierbares Pharmaka-Depot

=====

Die Erfindung betrifft ein implantierbares Pharmaka-Depot zur Behandlung von Knochen- bzw. Knochenmarkerkrankungen, das aus einer Matrix, in der ein Wirkstoff eingelagert ist, besteht, sowie ein Verfahren zur Herstellung desselben. Das Pharmaka-Depot eignet sich insbesondere zur Prophylaxe und Therapie von Infektionskrankheiten des Knochens und des Knochenmarks, z.B. Osteomyelitis.

Zur Behandlung von infektiösen Knochenerkrankungen werden zur Zeit Depots auf der Basis von Methacrylsäureester/Acrylsäure-

909834/0374

ester-Copolymerisaten eingesetzt, welche Wirkstoffe wie Sulfonamide, Antibiotika u.a. enthalten. Diese Polymerisate sind jedoch biologisch nicht abbaubar und müssen daher nach Beendigung der Therapie, durch einen chirurgischen Eingriff entfernt werden.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, den Nachteil bekannter Depots zu überwinden und ein Pharmaka-Depot zu entwickeln, mit dem eine wirksame und verbesserte Therapeutika-Abgabe über einen längeren Zeitraum ermöglicht wird und bei dem eine nachträgliche Entfernung der Matrix nicht notwendig ist.

Es hat sich nun gezeigt, daß sich diese Aufgabe in technisch fortschrittlicher Weise lösen läßt, wenn gemäß vorliegender Erfindung das Matrixmaterial aus resorbierbaren gesinterten Calciumphosphaten besteht, die aus CaO und P_2O_5 in einem Mengenverhältnis von 5:1 bis 2:1, vorzugsweise 3:1, zusammengesetzt sind, und daß das Depot einen Hilfsstoff zur Steuerung der Pharmaka-Abgabe-Kinetik enthält. Weitere Einzelheiten sind in den Patentansprüchen 2 bis 7 beschrieben. Die Patentansprüche 8 bis 11 betreffen die Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Pharmaka-Depots.

Es ist bekannt, resorbierbare Calciumphosphate als Knochenersatz zu verwenden (Langenbecks Archiv für Chirurgie, 341, 77-86, 1976). Diese Werkstoffe haben nicht nur die Fähigkeit, im Körper vollständig abgebaut zu werden, sie besitzen darüber hinaus Eigenschaften, die das Knochenwachstum positiv beeinflussen.

Die Calciumphosphat-Matrix wird durch Reaktionssintern aus Calciumhydrogenphosphat und Calciumcarbonat hergestellt. Durch Variationen der Synthesebedingungen kann hierbei entweder die Tieftemperaturmodifikation (β -Whitlockit) oder Hochtemperaturmodifikation (α -Whitlockit) sowie Mischungen der beiden Modifikationen mit einer calciumphosphatischen Glasphase erhalten werden. Die Mengenanteile dieser Modifikationen in dem Gesamtgefüge beeinflussen die Resorptionsgeschwindigkeit des Werkstoffes. Sie können jedoch in Abhängigkeit von der voraussichtlichen Dauer der Wirkstoffversorgung in weiten Grenzen variiert werden.

Die calciumphosphatische Matrix wird entweder in poröser fester Form oder in Pulverform mit den anderen Komponenten des erfindungsgemäßen Pharmaka-Depots kombiniert. Das Calciumphosphatpulver besitzt vorzugsweise eine Korngröße von $<200\text{ }\mu\text{m}$, während der Calciumphosphatkörper einen Porenanteil von 10 bis 25 % aufweist. Eine Steuerung der Wirkstoff-Abgaberate ist durch geeignete Variation der Porenstruktur der Matrix ebenfalls möglich.

Das erfindungsgemäße Pharmaka-Depot enthält einen Hilfsstoff zur Steuerung der Pharmaka-Abgabe-Kinetik und gegebenenfalls zur Stabilisierung des Matrixmaterials. Die Stabilisierung des Matrixmaterials ist insbesondere in den Fällen angezeigt, wenn man als Matrix Calciumphosphatpulver verwendet.

Als Hilfsstoffe können Derivat der gesättigten oder ungesättigten aliphatischen Carbonsäuren mit 10 bis 20, vorzugsweise mit

Die Calciumphosphat-Matrix wird durch Reaktionssintern aus Calciumhydrogenphosphat und Calciumcarbonat hergestellt. Durch Variationen der Synthesebedingungen kann hierbei entweder die Tieftemperaturmodifikation (β -Whitlockit) oder Hochtemperaturmodifikation (α -Whitlockit) sowie Mischungen der beiden Modifikationen mit einer calciumphosphatischen Glasphase erhalten werden. Die Mengenanteile dieser Modifikationen in dem Gesamtgefüge beeinflussen die Resorptionsgeschwindigkeit des Werkstoffes. Sie können jedoch in Abhängigkeit von der voraussichtlichen Dauer der Wirkstoffversorgung in weiten Grenzen variiert werden.

Die calciumphosphatische Matrix wird entweder in poröser fester Form oder in Pulverform mit den anderen Komponenten des erfindungsgemäßen Pharmaka-Depots kombiniert. Das Calciumphosphatpulver besitzt vorzugsweise eine Korngröße von $<200\mu\text{m}$, während der Calciumphosphatkörper einen Porenanteil von 10 bis 25 % aufweist. Eine Steuerung der Wirkstoff-Abgaberate ist durch geeignete Variation der Porenstruktur der Matrix ebenfalls möglich.

Das erfindungsgemäße Pharmaka-Depot enthält einen Hilfsstoff zur Steuerung der Pharmaka-Abgabe-Kinetik und gegebenenfalls zur Stabilisierung des Matrixmaterials. Die Stabilisierung des Matrixmaterials ist insbesondere in den Fällen angezeigt, wenn man als Matrix Calciumphosphatpulver verwendet.

Als Hilfsstoffe können Derivate der gesättigten oder ungesättigten aliphatischen Carbonsäuren mit 10 bis 20, vorzugsweise mit

15-18 Kohlenstoffatomen in einer Menge von 0 bis 25, vorzugsweise 5 bis 20 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Pharmakadepots, eingesetzt werden. Als solche sind z.B. Hexadecansäure, Octadecansäure, 9-Octadecensäure und Ölsäure geeignet. Bei den Derivaten der Carbonsäuren handelt es sich im wesentlichen um Alkali-, Erdalkali- und Aluminium-Salze sowie Triglyceride, Lipide oder Mischungen derselben. Als Alkali- bzw. Erdalkali-salze werden bevorzugt Natrium- und Calciumsalze verwendet. Als Lipide kommen neutrale und nicht neutrale Phospholipide, vorzugsweise Lecithine, bzw. Glycolipide infrage. Auch Mischungen der genannten Derivate sind geeignet. Mischungen von Triglyceriden mit einem Schmelzpunkt von 20 bis 150 °C mit Phospholipiden oder Mischungen der Calcium-, Aluminium- oder Natriumsalze der genannten Carbonsäuren mit Lecithinen werden bevorzugt eingesetzt.

Der in die Matrix einzulagernde Wirkstoff kann ferner mit einem filmbildenden, resorbierbaren Polymerisat in an sich bekannter Weise mikroenkapsuliert sein. Es ist aber auch möglich, der Mischung sämtlicher Bestandteile des Depots das Monomere zuzusetzen, so daß in diesem Fall, nach erfolgter Polymerisation, das Matrixmaterial ebenfalls beschichtet wird. Geeignete Polymerisate sind z.B. Polycyanacrylate, Polyglycolsäurederivate, Polymilchsäurederivate. Die Beschichtung des Wirkstoffes bzw. des Gemisches aus dem Matrixmaterial und dem Wirkstoff trägt ebenfalls zur Steuerung der Wirkstoffabgaberate bei. Dadurch wird n, z.B. bei hoher Summlöslichkeit des Wirkstoffes, die Abgaberate weitgehend verringert.

Zur Herstellung des erfindungsgemäßen Pharmaka-Depots kann man von einem Calciumphosphat-Pulver mit einer Korngröße von $< 200 \mu\text{m}$ ausgehen und dieses Pulver mit dem Wirkstoff, unter Zugabe genannter Hilfsstoffe, zu einer pastösen Masse vermischen. Die pastöse Masse kann erforderlichenfalls unter Anwendung von Wärme zu Tabletten verpreßt werden.

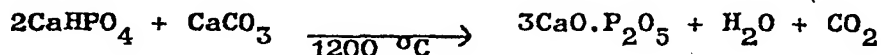
Wird jedoch von einem porösen, festen Calciumphosphatkörper ausgegangen, so sollte dieser zweckmäßigerweise einen Porenanteil von 10 bis 25 % aufweisen. Die porösen Calciumphosphatkörper werden zunächst mit einer Lösung des Wirkstoffes in einem ersten Lösungsmittel A getränkt. Das Lösungsmittel A wird zur Erzielung einer möglichst gleichmäßigen Ausfällung des Wirkstoffs innerhalb des porösen Körpers nicht durch Verdampfung entfernt, sondern durch ein zweites Lösungsmittel B, in dem der Wirkstoff nicht löslich ist, das jedoch mit dem ersten Lösungsmittel A zumindest begrenzt mischbar ist, ersetzt, welches dann verdampft werden kann. Gegebenenfalls kann dieser Tränkungsverfahren mehrfach wiederholt werden. Die Einbringung der Hilfsstoffe in den Calciumphosphatkörper erfolgt ebenfalls durch Tränkung des Körpers mit einer Lösung der Hilfsstoffe in einem dritten Lösungsmittel C, das den Wirkstoff ebenfalls nicht löst, das aber mit dem zweiten Lösungsmittel B zumindest begrenzt mischbar ist. Anschließend wird das Lösungsmittel C durch Verdampfen entfernt. Beispielsweise bei einem wasserlöslichen Wirkstoff können als Lösungsmittel B u.a. Dioxan, Tetrahydrofuran, n-Butanol, Aceton und als Lösungsmittel C für die Hilfsstoffe z.B. Hexan verwendet werden.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung gehen aus der nachstehenden Schilderung von Ausführungsbeispielen hervor.

Beispiel 1

Herstellung der Matrix:

- a) Calciumhydrogenphosphat und Calciumcarbonat in feindisperser Form werden homogen vermischt und zu Tabletten verpreßt. Diese Tabletten werden anschließend 3 Stunden bei 1200 °C gesintert. Nach der Gleichung



entsteht Tricalciumphosphat in der Tieftemperaturmodifikation (β-Whitlockit). Die Tabletten werden zerkleinert und zu einem Pulver mit einer Korngröße von <65 μm vermahlen. Dieses Pulver kann bereits als Matrixmaterial verwendet werden. Durch Pressen des trockenen Pulvers, durch Schlickerguß oder Plastifizierung mit Wasser lassen sich beliebige Formen, z.B. Tabletten, herstellen.

- b) Aus dem wie o.a. hergestellten Pulver wird durch Zusatz von 30 Gew.-% Wasser eine pastöse Masse gebildet, die in eine Lochform gestrichen wird. Nach dem Antrocknen werden die Calciumphosphatkörper, in Form von Zylindergranulaten mit einem Durchmesser von 5 mm und einer Höhe von 5 mm, aus der Form ausgestoßen und bei einer Temperatur von ca. 1500 °C gesintert. Zur Erzeugung einer keramischen Bindung muß die Sintertemperatur so hoch gewählt werden, daß sich die Ti f-

temperaturmodifikation (β -Whitlockit) in die Hochtemperaturmodifikation des Tricalciumphosphats (α -Whitlockit) umwandelt und sich außerdem eine Teilschmelze ausbildet, die die kristallinen Anteile miteinander verkittet. Durch eine gesteuerte, rasche Abkühlung des Sinterofens auf Zimmertemperatur werden die Hochtemperaturformen (α -Whitlockit und Glasphase) zum Teil "eingefroren", so daß sich nur ein Teil dieser Phasen in die Tieftemperaturform zurück umwandelt. Auf diese Weise wird die Matrix hinsichtlich ihrer Zusammensetzung und Mikroporosität und demzufolge hinsichtlich ihrer biologischen Eigenschaften, wie Stabilität, Resorbierbarkeit, optimiert.

Die so hergestellten Matrix-Körper bzw. Granulate bestehen somit aus α - und β -Tricalciumphosphat und der Glasphase. Der Werkstoff besitzt eine Dichte von $2,47 \text{ g/cm}^3$ und eine Raumerfüllung von ca. 78,6 %

c) Die wie o.a. hergestellten Granulate werden zu einem Pulver vermahlen und durch Absieben auf eine Korngröße von $65 \mu\text{m}$ klassiert.

Die folgenden Beispiele 2 bis 14 betreffen die Herstellung des erfindungsgemäßen Pharmaka-Depots.

Beispiel 2

10 Calciumphosphatkörper, die nach dem Verfahren des Beispiels 1b hergestellt wurden, werden mit einer Lösung von Gentamycin-

sulfat in Wasser getränkt und sodann die Mischung durch 30-minütiges Evakuieren entgast. Anschließend wird zur Ausfällung des Gentamycinsulfats in dem porösen Körper Dioxan zugesetzt. Die Calciumphosphatkörper werden sodann in eine Lösung von Lecithin in Hexan gegeben und analog zu der Tränkung mit dem Wirkstoff durch Evakuieren entgast.

Mit einer Matrix, die 3,2 mg Gentamycinsulfat enthält, wird die Elutionsrate bestimmt. Hierfür werden die Pharmaka-Depots mit 5 ml eines 0,066 molaren Phosphatpuffers ($K_2HPO_4/NaOH$; pH 7,4) versetzt und bei 37 °C stehengelassen. Der Puffer wird nach bestimmten Zeitabständen abgegossen und die Menge des abgegebenen Gentamycins gegen den *Bacillus Subtilis* gemessen. Nach 24 Stunden sind 21 % des eingebrachten Gentamycins eluiert.

Beispiel 3

10 Calciumphosphatkörper, die nach dem Verfahren des Beispiels 1b hergestellt wurden, werden mit einer Lösung von Quinacrine-Dihydrochlorid in Wasser getränkt und der Wirkstoff durch Dioxan, THF, *n*-Butanol, Essigester, Aceton oder Diglyme in den Körpern ausgefällt. Diese Körper werden sodann in eine Lösung von Lecithin in Hexan gegeben und analog zu der Tränkung mit dem Wirkstoff durch Evakuieren entgast.

Nach 48 Stunden beträgt die abgegebene Wirkstoffmenge 51 % der im Calciumphosphatkörper befindlichen Menge.

- 8 -

2807132

. 12 .

Beispiel 4

8 g Calciumphosphatpulver, hergestellt nach dem Verfahren des Beispiels 1c, werden mit 120 mg Chloramphenicol und 200 g gehärtetem Erdnußöl bei 50 °C zu einer Paste verrieben und zu 10 Tabletten verpreßt. Die Wirkstoffabgabe beträgt 25 % nach 48 Stunden.

Beispiel 7 - 13

Tabletten mit einem Gewicht von ca. 1 g werden durch Vermischen von Calciumphosphatpulver, 12 mg Chloramphenicol bzw. Gentamycin und Hilfsstoffen durch Verpressen zu Tabletten mit einem Durchmesser von 13 mm und einer Höhe von 3,5 mm unter einem Druck von 130 kp/cm² hergestellt. Die Wirkstoffabgaberate sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefaßt.

Beispiel 14

13 mg Chloramphenicol und 850 mg Calciumphosphatpulver werden vermischt und anschließend 120 mg Methylcyanacrylat zugesetzt. Tabletten mit einem Gewicht von ca. 1 g werden nach dem Verfahren der Beispiele 7 - 13 hergestellt. Die Wirkstoffabgaberate beträgt 8,5 % nach 24 Stunden und 10 % nach 42 Stunden.

Wenn aber Chloramphenicol und Methylcyanacrylat zuerst vermischt und erst nach der Anpolymerisation des Monomeren Calciumphosphatpulver zugesetzt wird, beträgt die Wirkstoffabgaberate nach 24 Stunden 18 % und nach 42 Stunden 23 %.

909834/0374

Die nachfolgenden Beispiele 15 und 16 betreffen die Herstellung eines Pharmaka-Depots ohne Zusatz von Hilfsstoffen.

Beispiel 15

10 Calciumphosphatkörper, die nach dem Verfahren des Beispiels 1b hergestellt wurden, werden bei Raumtemperatur in 25 ml einer Lösung aus Quinacrine-Dihydrochlorid in Wasser gegeben. Die Mischung wird 30 Minuten nach Evakuieren entgast. Danach wird das Lösungsmittel abgegossen und die Körper in 25 ml Tetrahydrofuran eingebracht, nach mehreren Stunden herausgenommen und bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Der Tränkungs Vorgang wird mehrfach wiederholt. Mit steigender Konzentration der Wirkstoff-Lösung kann eine höhere Quinacrine-Menge in den Calciumphosphatkörper eingebracht werden.

Mit einer Calciumphosphatmatrix, die 0,8 mg Quinacrine-Dihydrochlorid enthält, wird die Wirkstoffabgabe bestimmt. Sie beträgt 92 % nach 48 Stunden.

Beispiel 16

Das Verfahren des Beispiels 15 wird wiederholt, wobei jedoch anstelle von Quinacrine-Dihydrochlorid, Chloramphenicol als Wirkstoff und als Lösungsmittel für den Wirkstoff Alkohol verwendet werden. Die Wirkstoffabgabe beträgt 98 Gew.-% nach 120 Stunden.

- 14 -

14.

2807132

Beispiel	Wirkstoff	Hilfsstoff Gew.-%	Gew.-% akkumulierte Wirkstoffabgabe in Stunden									
			12	24	48	70	96	120	148	172	288	
7	Chloramphenicol	-	60	76	92	94	95	98	-	-	-	
8	"	10 Ca-Stearat	-	13	19	-	-	31	35	38	50	
9	"	20 Al-Stearat	-	9	17	-	-	32	38	43	60	
10	"	10 Al-Distearat	-	17,5	28	-	-	45	52	56	71	
11	Gentamycin	20 Ca-Stearat	-	9	14	18	22	24	27	29	35	
12	"	10 Ca-Stearat	-	21	29	34	36	38	39	40	41	
13	"	20 Al-Palmitat	-	17	25	28	30	32	33	34	35	

309834/0374